



**USAID** | **MÉXICO**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

# PROPUESTA TÉCNICA Y FINANCIERA PARA EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO EN EL MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, HIDALGO

**Julio de 2012**

Este reporte fue producido por Abt Associates, Inc. para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

# PROPUESTA TÉCNICA Y FINANCIERA PARA EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES, MEDIANTE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO, EN EL MUNICIPIO DE EPAZOYUCAN, HIDALGO

Autores:

**Pablo Cuevas**

**Odón de Buen**

**Sergio Segura**

Abt Associates, Inc.

<http://www.abtassociates.com>

<http://www.procomex.org>

Contrato:

## **EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD**

El punto de vista expresado en esta publicación por los autores, no necesariamente refleja el punto de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

## Tabla de Contenido

1	Presentación .....	1
2	Mercado del proyecto .....	2
2.1	Mercado objetivo .....	2
2.2	Situación actual .....	2
2.3	Tendencias de comportamiento del mercado objetivo.....	3
3	Propuesta técnica y costos del proyecto .....	3
3.1	Costos y beneficios del proyecto .....	3
4	Análisis financiero del proyecto .....	4
4.1	Variables consideradas .....	4
4.2	Evaluación financiera .....	4
	Anexo 1. Sistema fotovoltaico interconectado.....	7
	Índice de Referencias .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## 1 Presentación

La presente propuesta se enmarca en el contexto del *Taller sobre la elaboración de planes de negocios para proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables*, llevado a cabo en la ciudad de Pachuca el día 31 de mayo de 2011, teniendo como aliado local a la Comisión Estatal de Fomento y Ahorro de Energía (CEFAEN) de la Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del estado, la cual tiene a su cargo el impulsar el desarrollo de proyectos y la utilización práctica de fuentes alternativas de energía eléctrica que fortalezcan el desarrollo económico sostenible y sustentable, a partir del abatimiento de costos y la preservación del entorno ecológico sustituyendo el uso de los hidrocarburos.

El objetivo del taller fue el de presentar y explicar los diferentes aspectos que cubre un Plan de Negocios para el Desarrollo de Proyectos de Generación de Electricidad en Municipios a funcionarios municipales y/o estatales y estuvo dirigido a funcionarios de las administraciones municipales y/o estatales, de las áreas de medio ambiente, fortalecimiento y/o servicios municipales, relacionadas con la toma de decisiones en materia de promoción e implementación de proyectos que aprovechan fuentes de energía renovables.

En este sentido, el municipio de Epazoyucan mostró, en ocasión del citado taller, su interés por contar con un proyecto para aprovechar un sistema fotovoltaico interconectado que alimentara de energía eléctrica a las instalaciones del Ayuntamiento. De tal forma, la CEFAEN Hidalgo solicitó el apoyo del Programa de Competitividad de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) en México para la elaboración del presente documento.

Este documento incluye el análisis técnico y financiero para la generación de electricidad a partir de un sistema fotovoltaico interconectado que estará ubicado en las instalaciones del edificio central del Ayuntamiento de Epazoyucan.

Como resultado, el equipo de consultores realizó las siguientes actividades:

- Reuniones de trabajo con la CEFAEN, posteriores al taller.
- Visitas técnicas al municipio de Epazoyucan.
- Solicitud de información a funcionarios de la Dirección de Alumbrado Público del municipio, para realizar el análisis correspondiente.

Como resultado de este proceso, se identificaron las siguientes áreas de oportunidad:

- El municipio de Epazoyucan puede sustituir parcialmente la electricidad que recibe de la red eléctrica en sus oficinas centrales, por un sistema fotovoltaico interconectado.
- El contar con un sistema interconectado permite al municipio no sólo aprovechar la energía que recibe de la red, sino permite la facilidad de suministrar electricidad a la red eléctrica cuando esta no se requiera por parte del municipio.

- Con base en las diferentes reuniones de trabajo y visitas técnicas a los representantes de los ayuntamientos, se hace manifiesta la voluntad y acuerdo de la administración municipal, junto con el gobierno del estado de Hidalgo, para llevar adelante un proyecto de este tipo.
- Es un proyecto que puede servir como ejemplo para ser replicado al resto de los municipios de Hidalgo, a fin de aprovechar los beneficios que este tipo de sistemas ofrecen, particularmente en el uso de alternativas de fuentes de energías renovables desde instancias gubernamentales.

## 2 Mercado del proyecto

### 2.1 Mercado objetivo

El mercado objetivo del proyecto es el servicio de energía eléctrica para las oficinas centrales del Ayuntamiento de Epazoyucan, Hidalgo. Este mercado representa un consumo de energía anual estimado de poco más de 17,500 kWh<sup>1</sup> al año con un costo de alrededor de 50 mil pesos al año<sup>2</sup>.

### 2.2 Situación actual<sup>3</sup>

El municipio de Epazoyucan se encuentra ubicado dentro de la región de Pachuca, en la parte central del Estado de Hidalgo a 21 kilómetros de distancia de la capital. Su superficie es de 174.7 kilómetros cuadrados, que representan el 0.64% del territorio total del Estado de Hidalgo. Asimismo, cuenta con una altitud de 2,400 a 2,800 metros sobre el nivel del mar.

El clima en el municipio de Epazoyucan es templado - subhúmedo en la mayor parte del municipio con una precipitación total anual de 600 mm. Y su temperatura media anual de 15 grados centígrados.

De acuerdo con datos del INEGI la población total de Epazoyucan es de 13,830, de las cuales 3,928 es población económicamente activa (PEA), siendo el 28% (3,880) de este total ocupada de acuerdo a la tabla siguiente por sector productivo:

---

<sup>1</sup> Datos estimados de consumo de energía eléctrica anual del municipio de Epazoyucan, a partir de información de facturación proporcionada por funcionarios del municipio.

<sup>2</sup> Se toma como referencia la tarifa eléctrica para diferentes servicios que proporcionó el municipio (3.19 pesos por kWh)

<sup>3</sup> INAFED. *Enciclopedia de los Municipios de México: ESTADO DE HIDALGO*. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México [consulta: julio de 2011]; disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/hidalgo/municipios.htm>

El municipio cuenta con muy pocas unidades económicas industriales en las cuales destaca la producción de productos metálicos, maquinaria y equipo.

El comercio básicamente es de productos alimenticios, bebidas y tabaco todos estos son vendidos al por menor. El municipio cuenta con tres tiendas rurales, un mercado público, dos rastros y dos tianguis.

### **2.3 Tendencias de comportamiento del mercado objetivo**

El municipio de Epazoyucan y general los usuarios del país bajo un esquema de tarifas similares enfrenta un escenario de montos de facturación creciente por el servicio de energía eléctrica. Como referencia de esa tendencia y según los datos de facturación enviados por el municipio, del año 2010 al 2011 su facturación eléctrica se incrementó en 7.91% anual.<sup>4</sup>

## **3 Propuesta técnica y costos del proyecto**

El proyecto de aprovechamiento de energías renovables en el municipio de Epazoyucan plantea la instalación de un sistema fotovoltaico para producir electricidad a partir de la irradiación solar. Se considera que el sistema esté interconectado a la red eléctrica para aprovechar esquemas actuales que favorecen la economía del proyecto.

En este sentido, el proyecto contempla la instalación de un sistema fotovoltaico con una capacidad instalada de 9.3 kW en un área de 52 m<sup>2</sup> y una producción de 17 MWh/ año. El anexo del presente documento muestra los detalles técnicos del proyecto.

### **3.1 Costos y beneficios del proyecto**

En total, el proyecto representa una inversión total de 620 mil pesos considerando la instalación y puesta en operación del sistema fotovoltaico interconectado.

El proyecto plantea un ahorro para el municipio en términos de la factura evitada por alrededor de 56 mil pesos. La Tabla 1 muestra los detalles de costos y beneficios del proyecto.

**Tabla 1. Costos y Beneficios esperados por el desarrollo del proyecto**

<b>CONCEPTO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Costo del sistema</b>	620	Miles de pesos
<b>Generación eléctrica</b>	17	MWh/ año

<sup>4</sup> Datos de facturación proporcionados por las direcciones de Alumbrado Público y Finanzas del H. Ayuntamiento de Epazoyucan, Hidalgo.

<b>Tarifa eléctrica</b>	3.19	Pesos/kWh
<b>Ahorros anuales (1)</b>	56	Miles de pesos/año
<b>Costo de operación (2)</b>	6.2	Miles de pesos/año

(1) Se considera un costo unitario de 3.19 \$/kWh.

(2) Se considera que los costos de operación son el 1% anual de la inversión total.

## 4 Análisis financiero del proyecto

### 4.1 Variables consideradas

Las variables consideradas para las evaluaciones técnica y financiera de los escenarios planteados en la propuesta del presente documento se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Variables consideradas en la evaluación financiera**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Tipo de cambio <sup>(1)</sup>	13.47	Pesos / Dólar
Inflación <sup>(2)</sup>	3.28	% anual
Incremento de las tarifas eléctricas <sup>(3)</sup>	7.91	% anual
Tarifa de referencia <sup>(4)</sup>	3.19	Pesos / kWh
Tasa de descuento	12.00	% anual

(1) Tipo de cambio al 1 de junio de 2011. Fuente: Banco de México<sup>5</sup>

(2) Inflación reportada al mes de junio. Fuente: Banco de México<sup>6</sup>

(3) Fuente: H. Ayuntamiento de Epazoyucan, Hidalgo.

(4) Se considera como referencia la Tarifa proporcionada por el municipio de Epazoyucan.

### 4.2 Evaluación financiera

La inversión en el sistema fotovoltaico interconectado (de alrededor de 620 mil pesos) se recupera en poco más de 13 años.

La tabla 3 muestra el detalle de los flujos de efectivo para el proyecto propuesto.

**Tabla 3. Flujos de efectivo considerados para el proyecto**

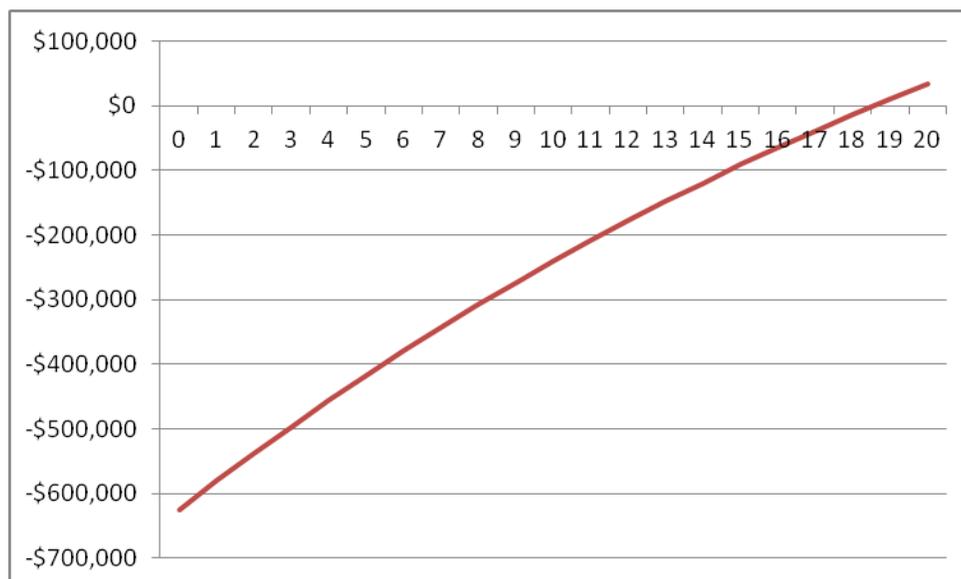
<sup>5</sup> Banco de México. *Portal de mercado cambiario* [consulta: junio de 2011]; disponible en: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/index.html>.

<sup>6</sup> Banco de México. *Indice de Inflación oficial al 2011* [consulta: junio de 2011]; disponible en: <http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/index.html>.

Año	Saldo año cero	Generación de Energía	Costo de operación	Ahorro	Valor Presente	Saldo Anual Descontado
0	\$ -625,350				\$ -625,350	\$ -625,350
1		\$ 55,889	-\$ 6,253	\$ 49,635	\$ 44,317	\$ -581,033
2		\$ 60,310	-\$ 6,459	\$ 53,851	\$ 42,930	\$ -538,103
3		\$ 65,080	-\$ 6,670	\$ 58,410	\$ 41,575	\$ -496,528
4		\$ 70,228	-\$ 6,889	\$ 63,339	\$ 40,253	\$ -456,275
5		\$ 75,783	-\$ 7,115	\$ 68,668	\$ 38,964	\$ -417,311
6		\$ 81,777	-\$ 7,349	\$ 74,429	\$ 37,708	\$ -379,603
7		\$ 88,246	-\$ 7,590	\$ 80,656	\$ 36,485	\$ -343,118
8		\$ 95,226	-\$ 7,839	\$ 87,388	\$ 35,294	\$ -307,824
9		\$ 102,759	-\$ 8,096	\$ 94,663	\$ 34,136	\$ -273,688
10		\$ 110,887	-\$ 8,361	\$ 102,526	\$ 33,011	\$ -240,677
11		\$ 119,658	-\$ 8,635	\$ 111,023	\$ 31,916	\$ -208,761
12		\$ 129,123	-\$ 8,919	\$ 120,204	\$ 30,853	\$ -177,907
13		\$ 139,337	-\$ 9,211	\$ 130,125	\$ 29,821	\$ -148,086
14		\$ 150,358	-\$ 9,513	\$ 140,845	\$ 28,820	\$ -119,266
15		\$ 162,251	-\$ 9,825	\$ 152,426	\$ 27,848	\$ -91,419
16		\$ 175,085	-\$ 10,148	\$ 164,938	\$ 26,905	\$ -64,514
17		\$ 188,935	-\$ 10,481	\$ 178,454	\$ 25,991	\$ -38,523
18		\$ 203,879	-\$ 10,824	\$ 193,055	\$ 25,105	\$ -13,418
19		\$ 220,006	-\$ 11,179	\$ 208,827	\$ 24,246	\$ 10,828
20		\$ 237,409	-\$ 11,546	\$ 225,863	\$ 23,414	\$ 34,243

El Valor Presente Neto VPN del proyecto es de 34.24 mil pesos, mientras que el retorno simple de la inversión es de 13.53 años

**Figura 1. Flujos de efectivo considerados para el proyecto**



# ANEXOS

## Anexo 1. Sistema fotovoltaico interconectado

Los detalles de cálculo y análisis para el proyecto consideran los siguientes elementos:

El proyecto se realizará en las oficinas centrales del H. Ayuntamiento de Epazoyucan, Hidalgo.

Las oficinas cuentan con acceso a la red eléctrica, por lo que se pretende instalar un sistema fotovoltaico interconectado. Aprovechando la medición neta entre la energía suministrada a la Red y la consumida por las oficinas.

El área disponible para colocar el sistema es de 927 m<sup>2</sup>, lo cual no implica que se requiera toda el área. Pero si, en caso de no existir área disponible el proyecto no se puede realizar.

A continuación se presenta la tabla de los consumos eléctricos por bimestre:

### Consumo eléctrico kWh

	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
2010	2783	2783	2651	2739	2878	3764
2011	3377	3340	3336			

### Promedio

2010	2,933
2011	3,351

El consumo total del año 2010 fue de 17, 598 kWh

Para cumplir con los requerimientos energéticos de las oficinas se requiere un sistema de 9.32 kW<sub>pv</sub>, las características del sistema se muestran a continuación:

Capacidad Instalada 9.32 kWpFV

Área requerida 51.78 m<sup>2</sup>

Costo del sistema FV \$619,818.78 pesos

Los componentes del sistema son:

- Paneles fotovoltaicos
- Estructuras de soporte
- Cable para las conexiones
- Inversor de corriente eléctrica con interconexión a la Red
- Medidor bidireccional.